



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 52 192 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**H 05 K 13/00**  
H 03 J 3/18

⑲ Aktenzeichen: 199 52 192.1  
⑳ Anmeldetag: 29. 10. 1999  
㉑ Offenlegungstag: 12. 4. 2001

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Thalhammer, Helmut, Dipl.-Ing. (FH), 82256  
Fürstenfeldbruck, DE

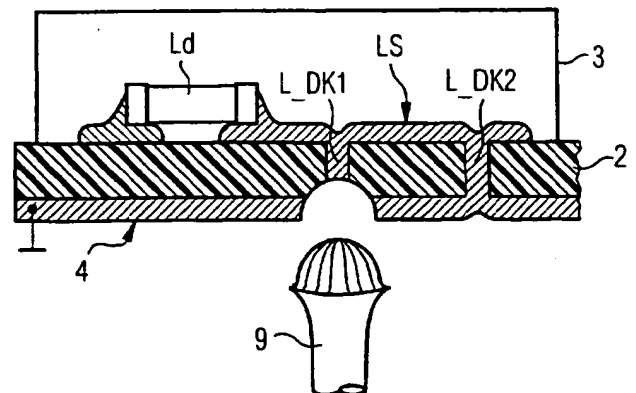
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
US 59 90 752 A  
WO 99 59 239 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Abgleichen einer elektronischen Schaltung, insbesondere einer Oszillatorschaltung

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Abgleichen einer elektronischen Schaltung, insbesondere einer Oszillatorschaltung, sind einstellbare Bauteile der Schaltung, insbesondere des Resonators einer Oszillatorschaltung, so ausgebildet, daß mit den einstellbaren Bauteilen verbundene Durchkontaktierungen von der Ober- zur Unterseite einer Platine, auf der die Schaltung montiert ist, vorgesehen sind. Diese Durchkontaktierungen verbinden die Bauteile mit einem Bezugspotential und sind zum Abgleichen der einstellbaren Bauteile mittels eines Fräasers, Lasers oder dergleichen Mittel durchtrennbar. Mit diesem Schritt kann eine Induktivität, d. h. eine Spule, verlängert oder verkürzt und damit deren elektrischer Wert verändert werden.



DE 199 52 192 A 1

DE 199 52 192 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abgleichen einer elektronischen Schaltung wie Filter, Mixer, Verstärker und insbesondere eine Oszillatorschaltung nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Spannungsgesteuerte Oszillatorschaltungen umfassen üblicherweise eine Verstärkerstufe, einen Resonator und eine Rückkopplungsschaltung. Um eine empfindliche Oszillatorschaltung vor elektromagnetischen Strahlungen, welche insbesondere die Schwingfrequenz der Schaltung beeinflussen können, abzuschirmen, wird die auf einer Platine oder (gedruckten) Leiterplatte aufgebaute Schaltung meistens mit einem metallischen Gehäuse – einer sogenannten Abschirmhaube – abgedeckt.

Eine häufig eingesetzte spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung ist der sogenannte Colpitts-Oszillator, der in Fig. 3 dargestellt ist. An einem Oszillatoreingang 6 liegt eine Spannung zur Einstellung der Resonanzfrequenz des Oszillators an. Die Kapazitätsdiode KD und Kapazitäten Cs und C0 sowie eine einstellbare Induktivität L0 sind Teil eines Resonators 8 des Oszillators. Der Resonator 8 ist über eine Koppelkapazität CK mit einer Verstärkerstufe gekoppelt. Die Verstärkerstufe umfaßt im wesentlichen einen npn-Bipolartransistor T1 als Verstärkerelement sowie Kapazität C1, Induktivität L1 und die Widerstände R1 bis R3 zum Einstellen des Arbeitspunktes des Verstärkers. Über eine Kapazität C2 kann am Oszillatorausgang 7 die Schwingfrequenz abgegriffen werden. Zwei weitere Kapazitäten Crk1 und Crk2 dienen als Rückkopplungsschaltung. Über die Spannung am Oszillatoreingang 6 wird die Kapazität der Kapazitätsdiode KD und damit die Resonanzfrequenz des Resonators 8 eingestellt.

Über die einstellbare Kapazität C0 und Induktivität L0 des Resonators ist die Resonanzfrequenz zusätzlich einstellbar, insbesondere wird dadurch die durch Bauteiletoleranzen beeinflusste Resonanzfrequenz abgeglichen. Dazu werden üblicherweise diskrete Spulen mit einem Abgleichkern, diskrete Luftspulen mit dehnbaren Windungen, durch Fräser oder Laser abgleichebare Microstrip-Spulen, trimmbare Kapazitäten oder durch Fräser oder Laser trimmbare Kapazitäten verwendet. Die durch Laser oder Fräser trimmbaren Spulen und Kapazitäten sind meistens direkt auf einer Seite der Platine als Kupferflächen ausgebildet.

Der Abgleich wird im wesentlichen beim Aufbau der Oszillatorschaltung, d. h. in der Produktion, vorgenommen. Allerdings muß der Abgleich vor der Montage der Abschirmhaube der Oszillatorschaltung vorgenommen werden. Demzufolge muß beim Abgleich der Einfluß der Abschirmhaube auf die Resonanzfrequenz berücksichtigt werden. Ein genauer Abgleich wird hierdurch verhindert, da der Einfluß der Abschirmhaube beim Abgleich nur geschätzt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Abgleichen einer elektronischen Schaltung, insbesondere einer Oszillatorschaltung, vorzuschlagen, das insbesondere ein Abgleichen bei bereits montierter Abschirmhaube ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Erfindungsgemäß sind einstellbare Bauteile der Schaltung, insbesondere des Resonators einer Oszillatorschaltung, derart ausgebildet, daß mit den einstellbaren Bauteilen verbundene Durchkontaktierungen von der Ober- zur Unterseite einer Platine, auf der die Schaltung montiert ist, vorgesehen sind; die Durchkontaktierungen verbinden die Bau-

teile mit einem Bezugspotential und sind zum Abgleichen der einstellbaren Bauteile mittels eines Fräsers, Lasers oder ähnlicher Mittel durchtrennbar; mit diesem Schritt kann beispielsweise eine Induktivität, d. h. eine Spule, verlängert oder verkürzt und damit deren elektrischer Wert verändert werden. Ebenso ist denkbar, daß die Fläche einer Kapazität verändert wird.

Insbesondere kann mittels Durchtrennen einer oder mehrerer Durchkontaktierungen eine Parallel- oder Serienschaltung von Kapazitäten, Induktivitäten, Widerständen oder dergleichen verändert werden.

Vorteilhafterweise erfolgt das Durchtrennen nach der Montage einer Abschirmhaube der Oszillatorschaltung, so daß ein präziser Abgleich der Resonanzfrequenz des Resonators der Oszillatorschaltung möglich ist. Ferner sind keine abgleichen Bauteile wie beispielsweise trimmbare Kapazitäten oder Induktivitäten mehr notwendig, die teuer sind und die sich nach dem Abgleichen insbesondere aufgrund mechanischer und thermischer Einflüsse wieder verstellen können.

Die Abstufung der Abgleichsschritte ist erfindungsgemäß im wesentlichen lediglich von der Anzahl der durchtrennbaren Durchkontaktierungen abhängig.

Bevorzugt erfolgt das Durch- bzw. Auftrennen der Durchkontaktierungen während eines Meß- oder Abgleichvorgangs der Oszillatorschaltung. Dazu kann ein Meß- oder Abgleichprogramm in der Platinenproduktion vorgesehen sein, das die Oszillatorschaltung nach der Platinenmontage, d. h. wenn alle Bauteile aufgelötet sind und insbesondere die Abschirmhaube montiert ist, in mehreren Schritten durchmißt und jeweils Durchkontaktierungen über einen automatisch angesteuerten Fräser oder Laser oder ähnlicher Mittel auftrennt. Eine manuelle Einstellung wäre hierzu gar nicht mehr erforderlich.

Die Anzahl der Abgleichsschritte wird durch die Anzahl der durchtrennbaren Durchkontaktierungen vorgegeben. Einmal durchtrennte Durchkontaktierungen können durch selektives Löten wieder instand gesetzt werden, so daß nach einem Durchtrennen einer Durchkontaktierung eine Korrektur des vorgenommenen Abgleichs rückgängig machbar ist.

Im folgenden werden in der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens in Verbindung mit der Zeichnung weitere Vorteile und Ausgestaltungen erläutert. In den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 die perspektivische Ansicht einer Platine, auf der eine mit einer Abschirmhaube versehene (nur teilweise dargestellte) Oszillatorschaltung montiert ist,

Fig. 2 die Verschaltung einer einstellbaren Induktivität des Resonators der Oszillatorschaltung,

Fig. 3 eine spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung nach dem Stand der Technik,

Fig. 4 die Seitenansicht eines Schnittes durch eine Platine, auf der eine mit einer Abschirmhaube versehene (nur teilweise dargestellte) Oszillatorschaltung montiert ist,

Fig. 5 das Durchtrennen einer Durchkontaktierung mittels eines Fräsers zum Abgleichen der Oszillatorschaltung,

Fig. 6 die Verschaltung der einstellbaren Induktivität der Fig. 1 nach dem Durchtrennen gemäß Fig. 5, und

Fig. 7 Parallel- und Serienschaltungen von mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einstellbaren Bauteilen.

In Fig. 1 ist perspektivisch eine Platine oder insbesondere gedruckte Leiterplatte 2 dargestellt, auf deren Oberseite 1 eine Oszillatorschaltung montiert ist. Von der Oszillatorschaltung sind lediglich einige Induktivitäten Ld (diskrete SMD-Spule), Ls1 und Ls2 (Microstrip-Leiter) dargestellt. Die Oszillatorschaltung ist mit einer Abschirmhaube 3 aus leitfähigen Metall zur Abschirmung vor elektromagnetischer Strahlung abgedeckt. Zur Abschirmung der Schaltung

von unten ist die Unterseite 4 der Platine 2 mit einer nahezu durchgängigen Kupferschicht versehen, die wiederum mit einem Bezugspotential GND verbunden ist. Das Bezugspotential GND beträgt typischerweise 0 V. Deutlich sind im Schnitt S der Platine 2 drei Durchkontaktierung L\_DM bis L\_DK3 von Anschlüssen der Induktivitäten Ld, Ls1 und Ls2 auf der Oberseite 1 der Platine 2 zur Unterseite 4 zu erkennen. Dadurch werden die Anschlüsse der Induktivitäten Ld, Ls1 und Ls2 mit dem Bezugspotential GND verbunden. Es ist zu beachten, daß die Durchkontaktierungen L\_DK1 bis L\_DK3 selbst Induktivitäten darstellen.

In Fig. 2 ist das entsprechende Schaltbild zu der in Fig. 1 dargestellten Anordnung gezeigt. Dieses Schaltbild stellt die einstellbare oder abgleichebare Induktivität L0 des Resonators der Oszillatorschaltung dar (siehe Fig. 1 und dazugehörige Figurenbeschreibung). Die einstellbare Induktivität L0 ist gemäß Fig. 3 mit einem Anschluß mit dem Bezugspotential GND verbunden. Das in Fig. 2 abgebildete Schaltbild zeigt den Aufbau der Induktivität L0 aus den Induktivitäten Ld, Ls1, Ls2 sowie den Induktivitäten der Durchkontaktierungen L\_DK1 bis L\_DK3. Über die Durchkontaktierungen ist die Induktivität L0 an drei Stellen mit dem Bezugspotential GND verbunden. Der Wert der Induktivität L0 berechnet sich einfach aus der Serien- und Parallelschaltung der einzelnen Induktivitäten:

$$L_x = \frac{(L_{s2} + L_{DK3}) \cdot L_{DK2}}{L_{s2} + L_{DK3} + L_{DK2}}$$

$$L_0 = L_d + \frac{(L_{s1} + L_x) \cdot L_{DK1}}{L_{s1} + L_x + L_{DK1}}$$

In Fig. 4 ist die Seitenansicht eines Schnittes durch eine Platine 2 zur besseren Veranschaulichung der Verschaltung der Induktivitäten zum Abgleichen dargestellt. Die Unterseite 4 der Platine 2 ist vollständig mit Kupfer überzogen und mit dem Bezugspotential GND verbunden. Die Durchkontaktierungen L\_DK1 und L\_DK2 verbinden leitend Anschlüsse der Induktivitäten Ld und Ls auf der Oberseite der Platine 2 mit der Unterseite 4. Die Durchkontaktierungen können in einem Lötbad erzeugt oder mittels leitfähigen Hülsen in der Platine eingebracht werden.

In Fig. 5 ist dargestellt, wie mittels eines Fräasers 9 die Durchkontaktierung L\_DK1 derart aufgetrennt wird, daß die Verbindung zwischen der metallischen Platinenunterseite 4 und der Durchkontaktierung unterbrochen ist.

Das Schaltbild der einstellbaren Induktivität L0 nach einem Durchtrennen der Durchkontaktierung L\_DK1 ist in Fig. 6 dargestellt. Das Schaltbild entspricht der in Fig. 1 abgebildeten Schaltung, wobei das Durchtrennen der Durchkontaktierung L\_DK1 wie in Fig. 5 dargestellt erfolgen kann. Die Induktivität der Durchkontaktierung L\_DK1 hängt sozusagen elektrisch in der Luft, d. h. die Induktivität L\_DK1 hat auf die einstellbare Induktivität L0 keinen Einfluß mehr. Daher beträgt der Wert der Induktivität L0 nunmehr:

$$L_0 = L_d + L_{s1} + \frac{(L_{s2} + L_{DK3}) \cdot L_{DK2}}{L_{s2} + L_{DK3} + L_{DK2}}$$

Wird noch zusätzlich die Durchkontaktierung L\_DK2 durchtrennt, so ergibt sich für die Induktivität L0:

$$L_0 = L_d + L_{s1} + L_{s2} + L_{DK3}$$

Die letzte Durchkontaktierung kann ebenfalls aufgetrennt werden, dann wirkt allerdings die einstellbare Induktivität

nur mehr als Stichleitung, da nur ein Anschluß mit den anderen Bauteilen des Resonators verbunden ist.

Durch das Auftrennen der Durchkontaktierungen ist somit der Wert der einstellbaren Induktivität wie oben beschrieben veränderbar. Es sind natürlich verschiedenste Verschaltungen von einzelnen Induktivitäten und/oder Kapazitäten und/oder Widerständen denkbar, die sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einstellen lassen.

In Fig. 7 sind Beispiele einiger Parallel- und Serienschaltungen dargestellt, die sich für das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt eignen. Die Auftrennpunkte sind mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichnet. An diesen Punkten wird mittels Laser, Fräser oder dergleichen der Kontakt mit dem Bezugspotential GND unterbrochen.

Besonders vorteilhaft ist der Einsatz von sogenannten LTCC (Low Temperature Cofire Ceramic)-Widerständen. Diese Widerstände werden beispielsweise parallelgeschaltet und befinden sich in den Zwischenlagen einer mehrlagigen Platine, d. h. sind sozusagen in die Platine eingearbeitet. Die Toleranz dieser Widerstände beträgt zirka 20%, so daß ein Abgleich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens unbedingt erforderlich ist. Hierzu werden die Widerstände über Durchkontaktierungen mit der untersten Platinenlage verbunden, die ihrerseits wiederum mit Masse verbunden ist. Durch Auftrennen der verbindenden Durchkontaktierungen kann ein Abgleich der parallelgeschalteten LTCC-Widerstände erfolgen.

Besonders vorteilhaft kann durch eine binäre Gewichtung der (Abgleich-)Widerstände beispielsweise mit drei verschiedenen Widerständen acht unterschiedliche Widerstandswerte eingestellt werden. Die Widerstände sind dann derart parallelgeschaltet, daß sie einen gemeinsamen Verbindungspunkt aufweisen und sonst mittels Durchkontaktierung mit Masse verbunden sind. Zum Einstellen eines geeigneten Widerstandswertes werden die Durchkontaktierungen entsprechend aufgetrennt.

Es können auch Bauteile auf einem höheren Potential abgegleichen werden, wenn kleine Bereiche der untersten Lage der Platine mit einem höheren Potential als Masse verbunden sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abgleichen einer elektronischen Schaltung, insbesondere einer Oszillatorschaltung, deren Bauteile (Ld, Ls1, Ls2) auf der Oberseite (1) einer Leiterplatte (2) angeordnet sind, die Bauteile (Ld, Ls1, Ls2) mittels eines leitfähigen, insbesondere metallenen, Gehäuses (3) zur Abschirmung vor elektromagnetischer Strahlung auf der Oberseite (1) der Leiterplatte (2) umgeben sind, die Schaltung passive Bauteile, insbesondere Induktivitäten (L0) und/oder Kapazitäten (KD, Cs, C0) und/oder Widerstände, umfaßt, mindestens ein passives Bauteil (L0) derart abstimmbare ist, daß mindestens ein Parameter der Schaltung, insbesondere eine Schwingfrequenz, eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oder die abstimmbaren passive(n) Bauteile (L0) mittels einer oder mehrerer Durchkontaktierung (L\_DK1, L\_DK2, L\_DK3) durch die Leiterplatte (2) mit der Unterseite (4) der Leiterplatte verbunden ist bzw. sind, wobei die Durchkontaktierung(en) (L\_DK1-L\_DK) auf der Unterseite (4) mit einem Bezugspotential (GND) verbunden ist bzw. sind, und durch Auftrennen der Durchkontaktierung(en) (L\_DK1, L\_DK2, L\_DK3) auf der Unterseite (4) der oder die Parameter der Schaltung eingestellt wird bzw.

werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die abstimmbare(n) passive(n) Bauteil(e) (L0) jeweils mindestens zwei passive Bauteile (Ls1, Ls2, Ld) der gleichen Art umfaßt bzw. umfassen, wobei ein Anschluß mindestens eines der passiven Bauteile (Ls1, Ls2, Ld) gleicher Art mittels einer Durchkontaktierung (L\_DK1-L\_DK3) auf der Unterseite (4) der Leiterplatte (2) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftrennen der Durchkontaktierung(en) (L\_DK1, L\_DK2, L\_DK3) auf der Unterseite (4) der Leiterplatte (2) mittels eines Fräsers (9) oder eines Lasers oder ähnlichem Mittel erfolgt. 10
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterseite (4) der Leiterplatte (2) vollflächig mit einer Kupferschicht versehen ist, die auf dem Bezugspotential (GND) liegt. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die abstimmbaren passive(n) Bauteile eine Serien- und/oder Parallelschaltung von Induktivitäten (Ld, Ls1, Ls2; Lu, Lx, Ly, Lz, Ldu) und/oder Kapazitäten (C, Cu, Cx, Cy, C'2) und/oder Widerständen (Rx, Ry, Rz, R) umfaßt bzw. umfassen. 20
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die abstimmbaren passive(n) Bauteile binär gewichtet sind. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände in LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic)-Technologie ausgeführt sind, wobei sich die Widerstände in Zwischenlagen der Leiterplatte (2) befinden. 30

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



FIG 4

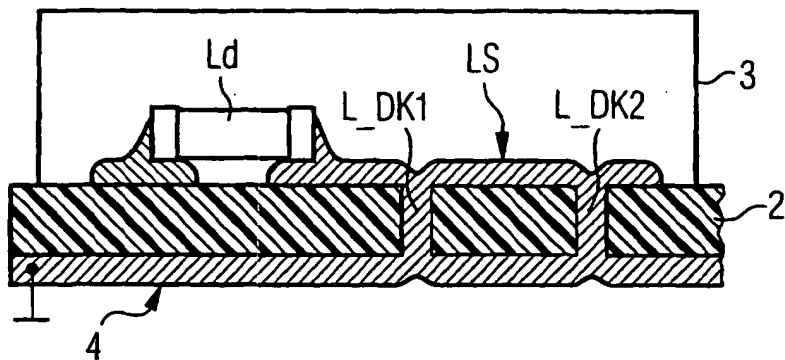


FIG 5

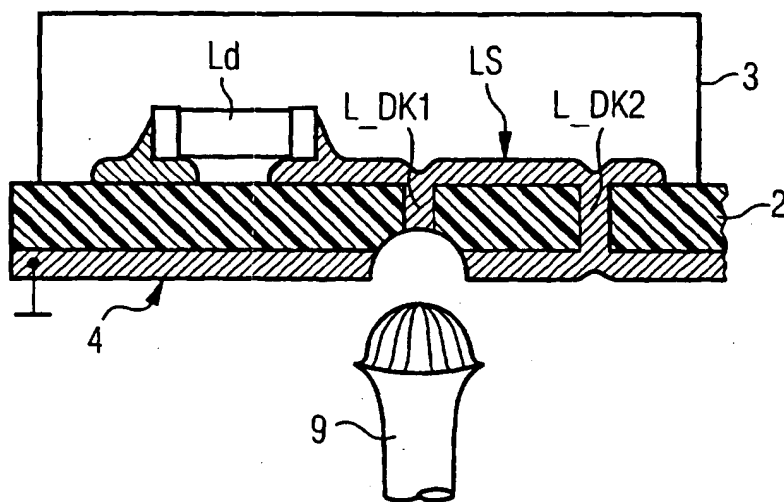


FIG 6

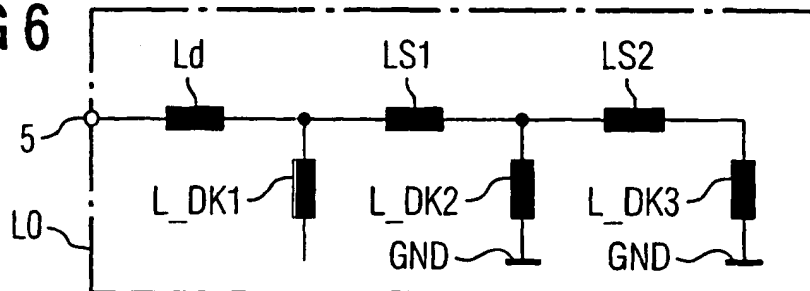


FIG 7

